

PUBLICATION NUMBER : 07311323  
PUBLICATION DATE : 28-11-95

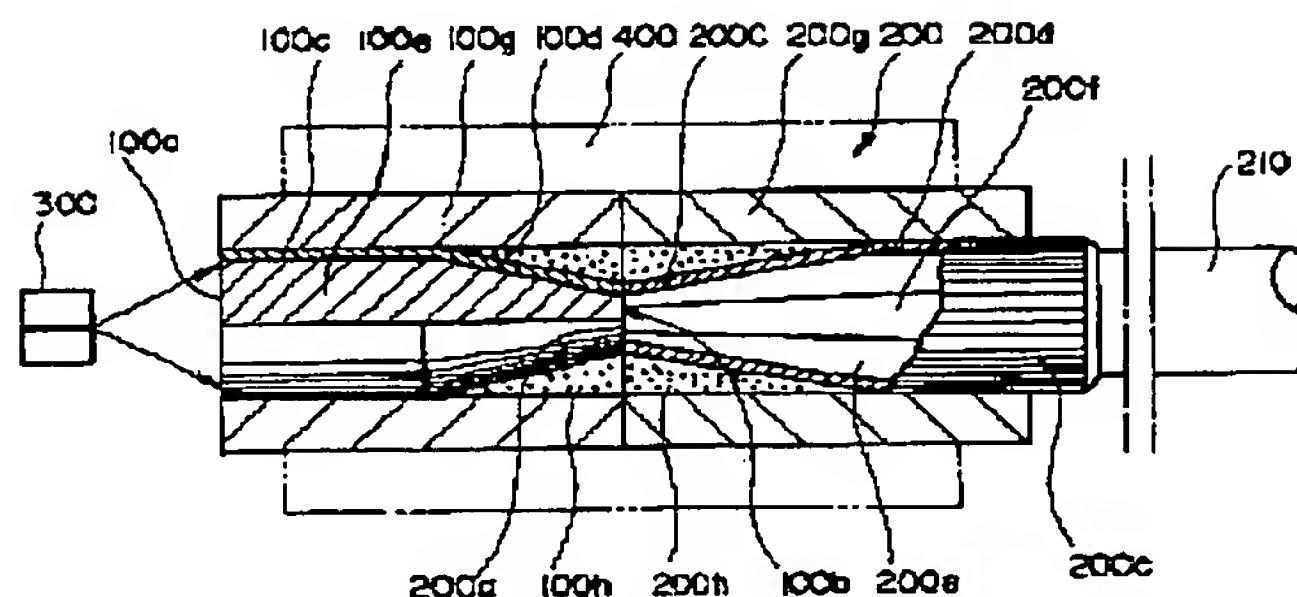
APPLICATION DATE : 17-05-94  
APPLICATION NUMBER : 06128201

APPLICANT : SEIKO GIKEN:KK;

INVENTOR : TAKAHASHI MITSUO;

INT.CL. : G02B 6/42

TITLE : OPTICAL COUPLING DEVICE HAVING  
REDUCED FACE-TO-FACE COUPLING  
PART AND ITS PRODUCTION



ABSTRACT : PURPOSE: To provide an optical coupling device having a reduced face-to-face coupling part capable of realizing prevention of outside leakage of incident clad mode propagating light and expansion of a numerical aperture.

CONSTITUTION: This optical coupling device is constituted to effectively introduce the light from a light source 300 to an optical fiber 210. A first optical coupling element has an incident end face 100a formed at one end of a cylindrical optical material and an exit coupling end face 100b formed by gradually reducing its diameter and has a reflection layer 100c formed on its outside diameter surface. A second optical coupling element 200 has a light receiving and coupling end face 200a having a core and clad part which are coupled face-to-face to the coupling end face 100b of the first optical coupling element and are formed to the gradually smaller diameter and has a reflection surface 200c formed on its outside diameter surface. The optical coupling device is so constituted that the incident light on the incident end face 100a of the first optical coupling element is transmitted via the respective reduced face-to-face coupling parts 100b, 200a to the second optical coupling element 200.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

BEST AVAILABLE COPY

Best Available Copy

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-311323

(43) 公開日 平成7年(1995)11月28日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/42

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-128201

(22) 出願日 平成6年(1994)5月17日

(71) 出願人 000147350

株式会社精工技研

千葉県松戸市松飛台286番地の23

(72) 発明者 高橋 光雄

千葉県松戸市松飛台286番地の23 株式会

社精工技研内

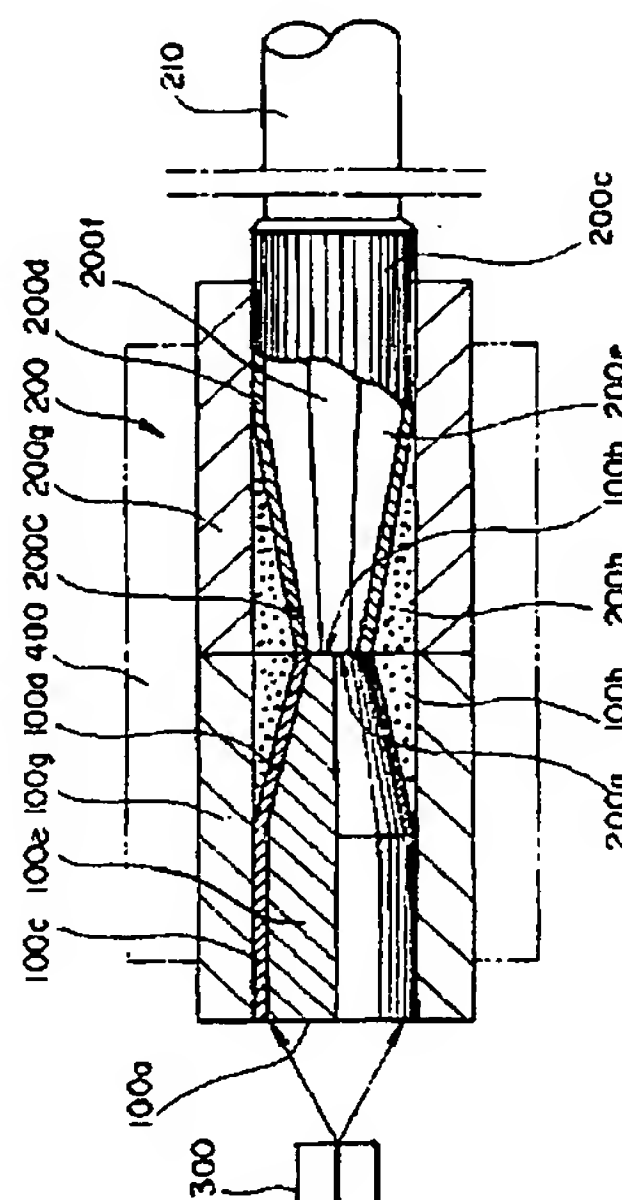
(74) 代理人 弁理士 井ノ口 壽

(54) 【発明の名称】 縮小された対面結合部をもつ光結合装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 入射クラッドモード伝播光の外部漏洩防止、および開口率の拡大を実現することができる縮小された対面結合部をもつ光結合装置を提供する。

【構成】 光ファイバ210に光源300からの光を効果的に導入する光結合装置である。第1の光結合要素100は、筒状の光学材料の一端に形成された入射端面100a、径を次第に縮小して形成した射出結合端面100bをもち、外径面には反射層100cが形成されている。第2の光結合要素200は、前記第1の光結合要素の結合端面100bに対面結合する次第に縮小して形成したコアとクラッド部をもつ受光結合端面200aをもち、外径面には反射層200cが形成されている。前記第1の光結合要素の入射端面100aに入射した光を前記縮小された前記各対面結合部100b、200aを介して前記第2の光結合要素200に伝達するように構成されている。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源からの光を光ファイバに導入する光結合装置であって、

円筒状の光学材料の一端に形成された入射端面、径を次第に縮小して形成した射出結合端面、外径面に形成された反射層をもつ第1の光結合要素と、

前記第1の光結合要素の結合端面に端面結合する次第に縮小して形成したコアとクラッド部をもつ受光結合端面、外径面に形成された反射層をもつ光ファイバよりなる第2の光結合要素とからなり、

前記第1の光結合要素の入射端面に入射した光を前記縮小された前記各端面結合部を介して前記第2の光結合要素に伝達するように構成した縮小された端面結合部をもつ光結合装置。

【請求項2】 石英ガラスロッドを加熱延伸法により中央部の射出結合端面となる小径部に達する対のテーパ部分を加工し、外径面に反射層を形成する石英ガラスロッド加工ステップと、

シングルモード光ファイバを加熱延伸法により中央部の受光結合端面となる小径部に達する対のテーパ部分を加工し、外径面に反射層を形成する光ファイバ加工ステップと、

前記ステップを経た石英ガラスロッドおよび光ファイバを円筒形フェルールの中心孔に各結合部が中心に位置するように挿入固定し、各フェール軸長の中央部の端面結合部相当位置を2分割切断し、必要な端面を研磨して第1および第2の結合要素を製造するステップと、

前記第1および第2の結合要素の結合端面を整列固定する組立てステップと、を含んで構成した縮小された端面結合部をもつ光結合装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光源と光ファイバとの光の結合に関し、特にレーザダイオード、または発光ダイオードなどの発散性の光源から出力される放射光、または広がりをもつ入射光を効率よく光ファイバに接続するための光結合装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、光源とシングルモード形光ファイバとの光結合装置として、光源と光ファイバ端面との間に1枚または複数枚の光学レンズより成るレンズ系を挿入

$$P_a = I_0 \cdot \{1 - \exp(-2a^2/\omega_z^2)\} \quad (2)$$

で計算できる。ただし、 $I_0$ は光源光強度、 $a$ はシングルモード形光ファイバのコア半径で、 $a = 5 \mu\text{m}$ 、 $\omega_z$ は光源からの距離 $z$ の位置にある光ファイバ入射端面の光ビーム半径である。全光束4の平均放射角度を $\theta_r$ として $\theta_r = 25$ 度と仮定する。そして、シングルモード形光ファイバコアの光開口率を $NA = \theta_1$ として、 $NA = \theta_1 = 5.3$ 度と仮定する。光ファイバコア2の端面への入射光量 $P_a$ は計算上で約8%に過ぎない。入射光

(2)

特開平7-311323

2

\*入して、光源から出力される放射光のビームスポット径と光ファイバコアのモードスポット径とを整合させて光結合効率の改善を図ったものが多数提案されている。このような従来の光結合装置において、光学レンズのレンズ表面での反射光損失はレンズ1枚につき約14%加算される。従来の光結合装置に共通していえることは、光ファイバのコアに入射した光パワー $P_a$ のみが有効なコア伝搬光となることである。しかし、特にシングルモード形光ファイバのコア直径は $9 \sim 10 \mu\text{m}$ と非常に微細であるので、光源、光学レンズ系、およびファイバの間の光軸の整列誤差が光結合効率に大きな影響を及ぼす。この場合、光軸の整列誤差による光結合効率 $\eta$ は次の第(1)式により計算できる。

$$\eta = \exp(-2d^2/\omega_z^2) \quad (1)$$

ただし、 $d$ は整列誤差( $\mu\text{m}$ )、 $\omega$ は光ファイバのモードスポット径である。例えば、整列誤差( $d$ )が $0 \mu\text{m}$ の場合の光結合効率( $\eta$ )を100%とすれば、 $d = 2.5 \mu\text{m}$ 、 $\omega = 5 \mu\text{m}$ の場合の光結合効率( $\eta$ )は約60%に低下する。

【0003】 光路に光学レンズ系を介在させた場合には、光軸の整列誤差の補正精度は低下し易く、さらに前記光学レンズのレンズ表面での反射光損失が加算されるので、光結合効率 $\eta$ は最良の状態でも一般に40%程度のものが多かった。したがって、図6のようなレーザダイオードあるいは発光ダイオードなどの光源1と光ファイバ端面7との間に光学レンズ系を使用しない簡便なタイプのもの、すなわち直接結合形式の光源とシングルモード形光ファイバとの間の光結合装置が望ましい。図6は、光源と光ファイバ端面との間に光学レンズ系を使用しない簡便なタイプの従来形式の光結合装置の原理を説明するための略図である。図6において、1はレーザダイオードなどの光源、2は光ファイバのコア、3は光ファイバのクラッド、4は全放射光、5は光ファイバのコア2に入射結合する放射光を示す。レーザダイオードによる光源を使用したときには、レーザダイオード1からの放射光4の放射角度 $\theta_r$ はガウス分布をしていて、かつ、コヒーレント光であるので、光の回折現象により、 $XX'$ 軸方向で $40 \sim 60$ 度、 $YY'$ 軸方向で $20$ 度程度の広がりをもった楕円形の放射光パターンが形成される。この場合、光ファイバのコア2に入射結合する光量 $P_a$ は

量 $P_a$ の残り92%は光ファイバのクラッド3およびその他の領域に入射して、図示したように光ファイバのクラッド3の外径面6から外部に放射されて失われ、光ファイバの伝搬光にはならず光結合損失になる。次に、光ファイバの端面7をレーザダイオード光源1に限りなく接近させるとする。この場合、光ファイバのコア2への入射光のうち、光ファイバの開口率 $NA = \theta_1 = 5.3$ 度より大きな入射角度をもった光は、光ファイバのコ

3

ア2へ入射してもコア伝搬光にはならない。したがって、図6に示すような簡便な直接光結合方式は簡便であるが、ほとんど使用されていない。

【0004】しかしながら、上述した直接光結合方式は光学レンズ系を含まない利点をもっているため、その光結合効率を改善しようとする試みが従来多数試みられてきた。例えば、図7に示されている形状のものもそのような直接光結合方式の光ファイバ光結合装置である。これは著者クリストファー A エドワード等 (Christopher A. Edwards et al.) によるファイバ結合用の理想マイクロレンズ (Ideal Microlenses for Laser to Fiber Coupling) と題して米国電子電気学会発行の光波技術誌 (IEEE, Journal of Lightwave Technology) 第11巻、第2号、252頁～257頁、1993年2月に発行されたものに掲載されている。この文献に示されているものは図7に示すような断面形状をもっている。光ファイバ8を加熱延伸法により、端面に向かって小径となるようにテーパ部分9を形成し、光ファイバコア10のモードスポット径を拡大するとともに、光ファイバ先端部を加熱溶融して、表面張力で半球状の一体のマイクロレンズ11を形成したものである。図7に示す例では、レーザダイオード光源と光ファイバ端面との間の距離 (Z) をほぼ  $8.5 \mu\text{m}$ 、マイクロレンズ11の曲率半径 (R) を  $5.7 \mu\text{m}$  としたとき、光結合効率  $\eta$  は約50%になったと報告されている。この例では、マイクロレンズ11の微小な曲率半径に起因して開口率NAの制約、および光源と光ファイバとの間の光軸ずれ精度により光結合効率は制限される。

【0005】ノラン等 (NOLAN et al.) の米国特許第4763976号、モード フィールド変換をもちいたコネクタ (CONNECTOR EMPLOYING FIELD MODIFICATION) の発明を図8を参照して説明する。図8は前記コネクタの断面図である。図8は、光ファイバ12の外端面13に、光ファイバのクラッド14の光屈折率  $n_1$  よりも小さい光屈折率  $n_2$  をもったガラスチューブ15を同軸心に一体化して、端面部を加熱延伸することにより光入射面を細くしたものである。この例は、光ファイバのコア16のモードスポット径をほぼ2倍に拡大させて、光軸誤差により光結合効率が低下しないよう、光結合効率の改善を図った提案である。この例の場合、テーパ延伸比を4:1にしたとき、光ファイバのコアのモードスポットサイズ  $\omega$  は  $10 \mu\text{m}$  であると記述されているが、この場合、光源と光ファイバとの間の光軸ずれ (d) を  $2.5 \mu\text{m}$  であるとすれば、光軸ずれのみによる光結合効率  $\eta$  は計算上、88%となる。しかしながら、図8の形状に光ファイバを加工することは技術的に容易ではなく困難性が高いと考えられる。

(3)

特開平7-311323

4

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来例では光源と光ファイバの光軸ととの間の微細な整列調整の誤差、および光ファイバのコアの開口率NAにより入射光の制約を受けるので、光結合効率  $\eta$  は一般に50%以下のものが多い。本発明の第1の目的は、入射クラッドモード伝播光の外部漏洩防止、および開口率の拡大を実現することができる縮小された対面結合部をもつ光結合装置を提供することにある。本発明の第2の目的は、前記縮小された対面結合部をもつ光結合装置の製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】前記第1の目的を達成するために本発明による縮小された対面結合部をもつ光結合装置は、光源からの光を光ファイバに導入する光結合装置であって、円筒状の光学材料の一端に形成された入射端面、径を次第に縮小して形成した射出結合端面、外径面に形成された反射層をもつ第1の光結合要素と、前記第1の光結合要素の結合端面に対面結合する次第に縮小して形成したコアとクラッド部をもつ受光結合端面、外径面に形成された反射層をもつ光ファイバよりなる第2の光結合要素とからなり、前記第1の光結合要素の入射端面に入射した光を前記縮小された前記各対面結合部を介して前記第2の光結合要素に伝達するように構成されている。前記第2の光結合要素の対面結合部の受光面は前記第1の射出結合端面からの光を全て受け入れる径とすることができる。前記第1の光結合要素は石英ガラスロッドまたは光ファイバとすることができる。前記第2の目的を達成するために本発明による縮小された対面結合部をもつ光結合装置の製造方法は、石英ガラスロッドを加熱延伸法により中央部の射出結合端面となる小径部に達する対のテーパ部分を加工し、外径面に反射層を形成する石英ガラスロッド加工ステップと、シングルモード光ファイバを加熱延伸法により中央部の受光結合端面となる小径部に達する対のテーパ部分を加工し、外径面に反射層を形成する光ファイバ加工ステップと、前記ステップを経た石英ガラスロッドおよび光ファイバを円筒形フェルールの中心孔に各結合部が中心に位置するように挿入固定し、各フェール軸長の中央部の対面結合部相当位置を2分割切断し、必要な端面を研磨して第1および第2の結合要素を製造するステップと、前記第1および第2の結合要素の結合端面を整列固定する組立てステップと、を含んで構成されている。前記石英ガラスロッド加工ステップまたは前記光ファイバ加工ステップの反射層形成は、高反射率の誘電体ミラーコーティング処理または金、銀、銅、アルミニウムなどの高反射率金属被膜処理を施す処理とすることができる。前記第1および第2の結合要素を製造するステップの2分割切断の切断面は、前記各要素の光軸に直角な平面に対して傾きを持たせることができる。前記第1および第2の結合要



5

素の結合端面を整列固定する組立ステップで前記第1および第2の結合要素の結合端面は整列スリーブ内で互いに平行に対面させられて組立てることができる。

【0008】

【実施例】以下図面等を参照して本発明をさらに詳しく説明する。図1は、本発明による縮小された対面結合部をもつ光結合装置の実施例の基本構成を示す略図であって、図解を容易にするために径方向の寸法（太さ）を誇張して示してある。光源300からの光または適当な集光手段を介して入射される光を光ファイバ210に導入する光結合装置であって基本的に第1の光結合要素100と第2の光結合要素200から形成されている。第1の光結合要素100は筒状の光学材料、この実施例では石英ガラスロッド100eを加工したものである。その一端は第1の光結合要素のフェルール100gとともに研磨され入射端面（受光端面）100aを形成している。石英ガラスロッド100eの径は他端に向かって次第に縮小され射出結合端面100bを形成している。石英ガラスロッド100eの外径面には反射層100cが形成されている。外径面に反射層100cが形成された石英ガラスロッド100eは前記射出結合端面100bの中心がフェールの中心になるように、固定用接着材料100hにより固定されフェルール100gとともに仕上げ研磨されている。

【0009】第2の光結合要素200は光ファイバを加工したものである。第2の光結合要素の受光結合端面200aは光ファイバを引き延ばした第2の光結合要素のテーパ部200dに形成されている。受光結合端面200aでは光ファイバのコア200c、光ファイバのクラッド200fも小径化されている。これ等の外径には反射層200cが形成されている。第2の光結合要素の受光結合端面200aのコア200cの中心がフェルール200gの中心になるように、固定用接着材料200hにより固定されフェルール200gとともに仕上げ研磨されている。この第2の光結合要素200は直接または適当なコネクタを介して光ファイバ210に接続されている。第1、第2の光結合要素100と200は破線で示す整列結合手段（スリーブ）400により正確に光軸が合わせられ組み立てられる。光源300から第2の光結合要素200の受光結合端面200aに入射した光は損失無く光ファイバ210のコアに伝達される。

【0010】次に図2～図4を参照して前記実施例装置の製造工程を説明する。図2は第1の光結合要素の製造工程の実施例を説明するための断面図、図3は第2の光結合要素の製造工程を説明するための断面図、図4は実施例の組立ての製造工程を説明するための断面図である。

（第1の光結合要素の製造 図2）石英ガラスロッド17を加熱延伸法により引き延ばし両テーパ状に加工する。入射伝搬光の外部漏洩防止および開口率NA拡大手

(4)

特開平7-311323

6

段として当該テーパ付石英ガラスロッド17のテーパ部18、19外周面に高反射率誘電体ミラーコーティング処理、または金、銀、銅、アルミニウムなどの高反射率金属の蒸着被膜処理により反射層20を形成する。当該テーパ付石英ガラスロッド17のテーパ部18、19の最小直径部21が円筒形フェルール22の軸長の中心に位置するように中心孔23に挿入接着固定する。フェルール長の中央部で軸直角面に対して任意の傾斜角度に2分割切断する。両端面24、25面を研磨仕上げする。

10 以上により2個の第1の光結合要素が得られる。

【0011】（第2の光結合要素の製造 図3）同様にコア26およびクラッド27が同心円断面をもつ1本のシングルモード光ファイバ28の一部分を加熱軟化させた状態で光ファイバ軸方向に加熱延伸し中央部29の最小直径部30が前記受光素子Aの石英ガラスロッド17の最小直径と同じ、またはわずかに大きい寸法の両テーパ部31、32を加工する。入射クラッドモード伝搬光の外部漏洩防止手段として当該光ファイバ28のテーパ部31、32外径面に高反射率誘電体ミラーコーティング処理、または金、銀、銅、アルミニウムなどの高反射率金属の蒸着被膜処理33を施す。両テーパ付シングルモード光ファイバ28の最小直径部30が円筒形フェルール34の軸長の中心に位置するように中心孔35に挿入接着する。フェルール34の軸長の中央部で軸直角面に対して任意の傾斜角度に2等分割切断する。フェルール両端面36、37を研磨仕上げすることにより第2の光結合要素を製造する。

（第1および第2の結合要素の組立 図4）第1の光結合要素の射出側結合端面25と第2の光結合要素の受光側結合端面37を円筒形の整列スリーブ38の整列孔39の両側から挿入する。結合端面25、27を平行に接触させて固定する。次にLDまたはLEDなどの光源40と受光素子組立Cの光軸を一致させて図示しないパッケージに組み込んで本発明の光結合装置は完成する。

【0012】本発明による縮小された対面結合部をもつ光結合装置の第1および第2の結合要素に使用した高反射率被膜20、33のうち誘電体ミラーコーティングの場合は光入射角度45度以内において反射率98%以上の光学特性をもっている。また、金、銀、銅、などの金属蒸着被膜層は直角入射時の反射率はやはり98%以上であり、これらの事実に関しては、株式会社ニューポートの総合カタログ、J-62頁（1990年）、および丸善株式会社により出版された機械設計便覧89頁（1973年）に記載されている。

【0013】本発明による縮小された対面結合部をもつ光結合装置では、LDまたはLEDなどの光源40の放射光1。を高い結合効率 $\eta$ で第1の光結合要素の端面24と結合するために幾つかの改良を施してある。

（その1）この実施例では入射端面24における受光面積拡大のために、口径を大きくするよう直径125 $\mu$ m

7

の石英ガラスロッド17を使用した。したがって受光可能面積はコア直径が9～10 $\mu\text{m}$ のシングルモード光ファイバに比較して約150倍に増大できる。さらに開口率NAの拡大手段として石英ガラスロッド17の外周面に高反射率被膜20を施すことにより、LD光源の光放射角(25～30度/半径)を上回るブリュースター角(Brewster's angle)≒57度まで有効に受光可能となった。

(その2) 第1の光結合要素に入射した伝搬光を有効に第2の光結合要素に結合する手段として、シングルモード光ファイバをテーパ状に細く延伸することによってモードスポットサイズ $\omega$ を第1の光結合要素の石英ガラスロッド17の端面25の直径と同等に拡大させる。これにより、シングルモード光ファイバ28の端面36においてクラッド27面に入射した光Pbをテーパ部32で光ファイバコア伝搬光Paに収束変換することができる。

(その3) 通常クラッド面に入射した光Pbはただちに\*

$$\omega = a (0.65 + 1.619/V^{1.5} + 2.879/V^5) \quad (4)$$

ただし、Vは規格化周波数であり、第(5)式により与えられる。すなわち、

$$V = (2\pi a n_1 / \lambda) \cdot \{2(n_1 - n_2) / n_1\}^{1/2} \quad (5)$$

ただし、 $\lambda$ は光源の波長( $\mu\text{m}$ )、 $a$ は光ファイバコア半径( $\mu\text{m}$ )、 $n_1$ は光ファイバコア屈折率、 $n_2$ は光ファイバクラッド屈折率である。一例として、光ファイバ延伸テーパ比とモードスポットサイズ $\omega$ 、光ファイバコア半径 $a$ 、および光ファイバクラッド半径 $b$ の関係を図5に示す。図5において、 $\lambda = 1.31\mu\text{m}$ 、 $a = 5\mu\text{m}$ 、 $n_1 = 1.47$ 、 $n_2 = 1.46$ 、および $b = 62.5\mu\text{m}$ と仮定してある。

【0015】第1の光結合要素から第2の光結合要素のクラッド27端面に入射したクラッドモード伝搬光Pbを光ファイバコア26内を伝搬するコア伝搬光Paに合流変換する手段として、光ファイバコア26直径2aが細くなるにつれて図5に示すようにコア26のモードスポットサイズ $\omega$ が拡大される。このモードスポットサイズ $\omega$ の拡大領域は光学的に光ファイバコア領域とみなされる。したがって前述のように第1の光結合要素の接続端面25における石英ガラスロッド17の直径と第2の光結合要素の接続端面36におけるシングルモード光ファイバ28のモードスポットサイズ2 $\omega$ 直径を同一にすることによりシングルモード光ファイバ28端面に入射した光はすべてコアに収束されてコア伝搬光となる。第5図によれば、延伸テーパ比約40%において光ファイバクラッド半径 $b$ とモードスポットサイズ $\omega$ の半径は27～28 $\mu\text{m}$ と同一になることがわかる。したがって石英ガラスロッド17およびシングルモード光ファイバ28ともに40%程度の延伸テーパ比で本発明の目的を達成できる。

【0016】前記実施例で第1の光結合要素に使用した石英ガラスロッドの代わりに、例えば光ファイバを使用

(5)

特開平7-311323

8

\*クラッド外部に放射されて失われクラッド内伝搬光になり得ないが、この光損失を防止してクラッド層内部の伝搬光とするために本発明の第2の光結合要素のシングルモード光ファイバのテーパ部32外周面に高反射率被膜33の付着処理をおこなった。

【0014】次に、光ファイバコアの半径 $a$ の変化によるモードスポットサイズ $\omega$ の変化の関係は、“シングルモードファイバスプライスの損失解析”と題してマーキューズによりベルシステム技術誌、第56巻、第5号、703頁に記載され、1977年に出版されている(Marcuse D., “Loss analysis of single-mode fiber splice”, Bell System Technical Journal, 56, 5, P. 703, 1977)。マーキューズによれば、光ファイバコア半径 $a$ の変化によるモードスポットサイズ $\omega$ は、次の第(4)式により与えられる。

しても前述のように光ファイバの開口率NAに受光角度の制約を受けることはなく、かつ光ファイバコアおよびクラッド全面に入射した光を有効なコア伝搬光にすることができる。本発明の石英ガラスロッド17およびシングルモード光ファイバ28のテーパ傾斜角度 $\theta$ は厳密に規定する必要はないが一般的に使用するシングルモード光ファイバの臨界角度 $\theta_c$ 以下になるように選ぶことが望ましい。例えば図5のシングルモード光ファイバの場合の臨界角度 $\theta_c$ は約3.6度である。本発明による縮小された対面結合部をもつ光結合装置で第1の光結合要素と第2の光結合要素の接続端面は光軸直角面に対して任意角度の傾斜面に研磨仕上げする例を示したが、これは接続面で発生する反射戻り光損失を低減することにある。反射戻り光は特に、光源がLDの場合は発光を不安定にする要因になるので防止しなければならない。傾斜角度はシングルモード光ファイバの場合は8～12度の範囲が好ましい。

【0017】

【発明の効果】以上詳しく説明したように、本発明による縮小された対面結合部をもつ光結合装置は、円筒状の光学材料の一端に形成された入射端面、径を次第に縮小して形成した射出結合端面、外径面に形成された反射層をもつ第1の光結合要素と、前記第1の光結合要素の結合端面に対面結合する次第に縮小して形成したコアとクラッド部をもつ受光結合端面、外径面に形成された反射層をもつ光ファイバよりなる第2の光結合要素とからなり、前記第1の光結合要素の入射端面に入射した光を前記縮小された前記各対面結合部を介して前記第2の光結合要素に伝達するように構成されている。前記本発明の

9

光源とシングルモード光ファイバの光結合装置の効果を列挙すると次のとおりである。光源からの光を第1の光結合要素の直径125 $\mu$ mの石英ガラスロッド全面で受光できるとともに、石英ガラスロッド外周面に光反射被膜処理を施すことにより開口率NAを光源の光放射角より大きくできるので光結合効率を大幅に改善できる。第1の光結合要素と第2の光結合要素の光結合はシングルモード光ファイバのモードスポットサイズを拡大して接続端面における石英ガラスロッドコア直径と同一にする。そして第2の光結合要素のクラッド外周面からクラッド伝搬光の外部漏洩防止手段として同様にシングルモード光ファイバテーパ部分のクラッド外周全面に光反射被膜処理を施すことにより光漏洩損失を低減できる。従来のものに比較して光源と第1の光結合要素間の光軸心ずれ許容誤差値を大幅に緩和できる。例えば光源からの光ビーム放射角度 $\theta_r = 25^\circ$ 、光源と光ファイバ入射端面間距離 $Z = 100\mu\text{m}$ における光ビーム半径 $\omega_z$ は約47 $\mu\text{m}$ となる。光軸ずれを5 $\mu\text{m}$ と仮定すれば、本発明の光結合装置の光軸ずれに起因する光結合損失は2.2%と微小であり従来は不可能であった光軸の無調整組み立てによっても高い光結合効率を容易に得られる。また第1の光結合要素と第2の光結合要素間の光軸心ずれによる光結合損失はテーパ延伸比40%、光軸ずれを5 $\mu\text{m}$ とすれば、1%にすぎない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による縮小された対面結合部をもつ光結合装置の実施例の基本構成を示す略図である。

【図2】本発明による縮小された対面結合部をもつ光結合装置の実施例の第1の光結合要素の製造工程を説明するための断面図である。

【図3】本発明による縮小された対面結合部をもつ光結合装置の実施例の第2の光結合要素の製造工程を説明するための断面図である。

【図4】本発明による縮小された対面結合部をもつ光結合装置の実施例の組立て製造工程を説明するための断面図である。

【図5】光ファイバ延伸テーパ比、モードスポットサイズ $\omega$ 、光ファイバコア半径 $a$ 、および光ファイバクラッド半径 $b$ の関係を示すグラフである。

【図6】光源と光ファイバ端面との間に光学レンズ系を使用しない簡便なタイプの従来形式の光結合装置の原理を説明するための略図である。

【図7】光結合効率の改善を図った従来技術による光結

(6)

特開平7-311323

10

合装置の断面を示す概略図である。

【図8】光軸誤差により光結合効率が低下しないよう、光結合効率の改善を図った従来例の断面を示す概略図である。

【符号の説明】

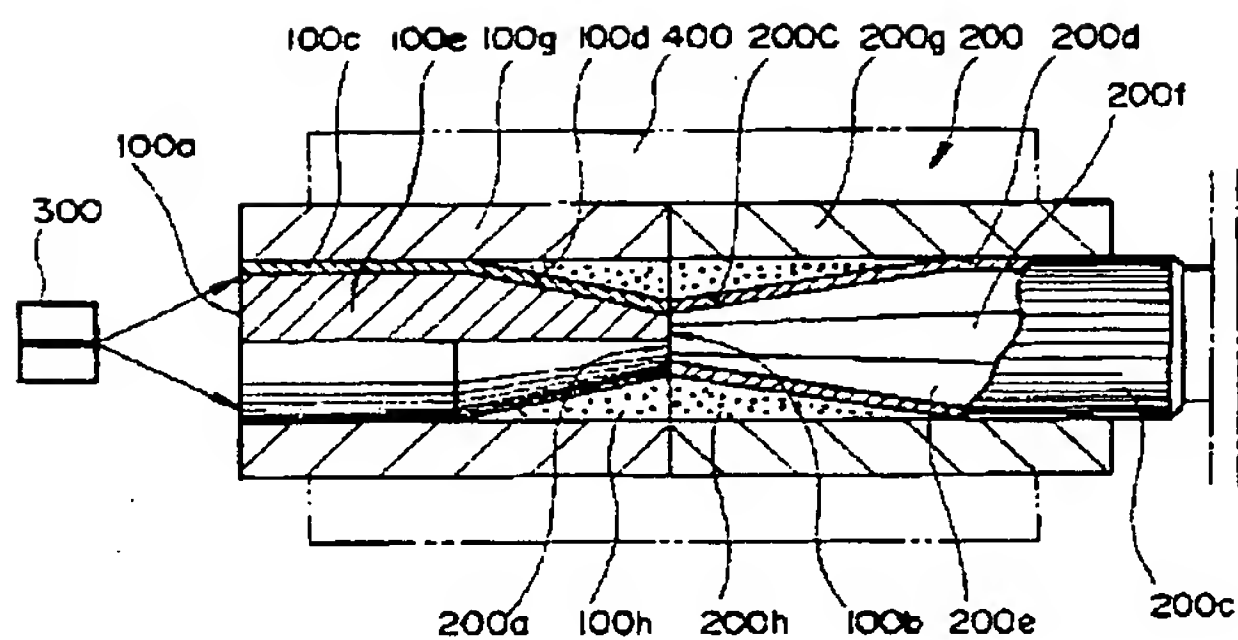
- 1, 40 光源
- 2, 10, 16, 26 コア
- 3, 14, 27 クラッド
- 4, 5 放射光
- 10 6 外径面
- 7 光ファイバの端面
- 8, 12, 28 光ファイバ
- 9, 18, 19, 31, 32 テーパ部分
- 11 マイクロレンズ
- 13 外径面
- 15 ガラスチューブ
- 17 石英ガラスロッド
- 20, 33 反射層(高反射率被膜)
- 21 最小直径部
- 30 22, 34 円筒形フェルール
- 23, 35 中心孔
- 28 両テーパ付シングルモード光ファイバ
- 25, 36, 37 フェルール端面
- 38 円筒形の整列スリーブ
- 39 整列孔
- 100 第1の光結合要素
- 100a 第1の光結合要素の受光端面(入射端面)
- 100b 第1の光結合要素の射出結合端面
- 100c 第1の光結合要素の反射層
- 30 100d 第1の光結合要素のテーパ部
- 100e 光学材料(石英ロッド)
- 100g 第1の光結合要素のフェルール
- 100h, 200h 固定用接着材料
- 200 第2の光結合要素
- 200a 第2の光結合要素の受光結合端面
- 200c 第2の光結合要素の反射層
- 200d 第2の光結合要素のテーパ部
- 200e 第2の光結合要素の光ファイバのコア
- 200f 第2の光結合要素の光ファイバのクラッド
- 200g 第2の光結合要素のフェルール
- 210 光ファイバ
- 300 光源
- 400 整列結合手段(スリーブ)



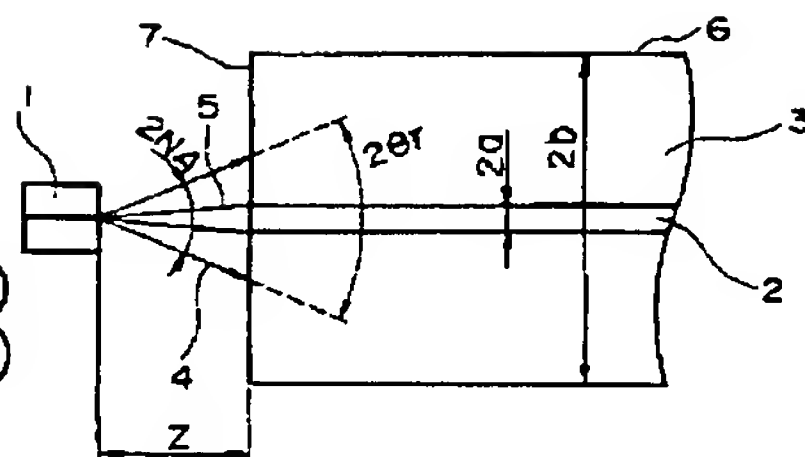
(7)

特開平7-311323

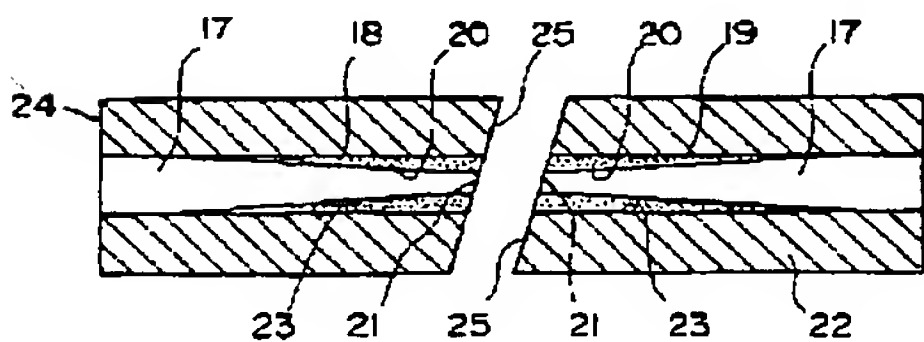
【図1】



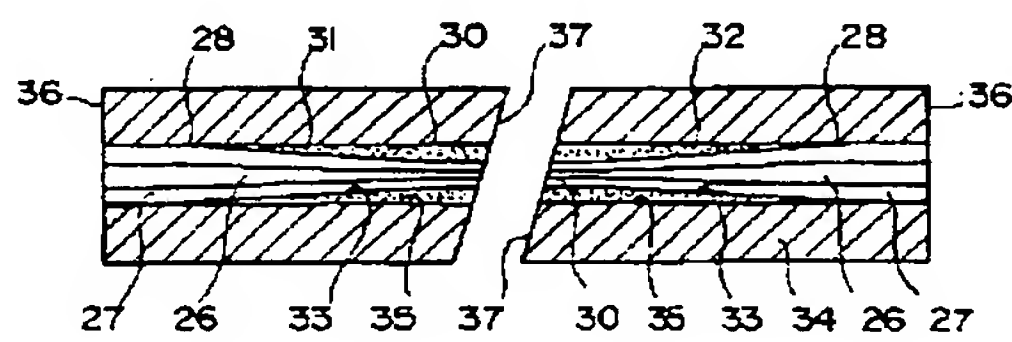
【図6】



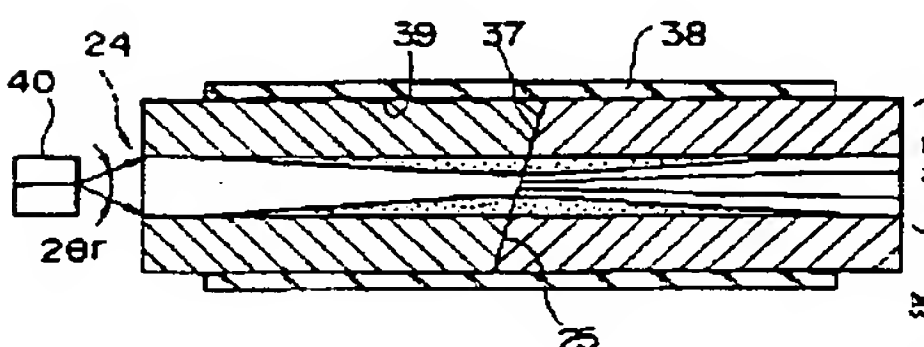
【図2】



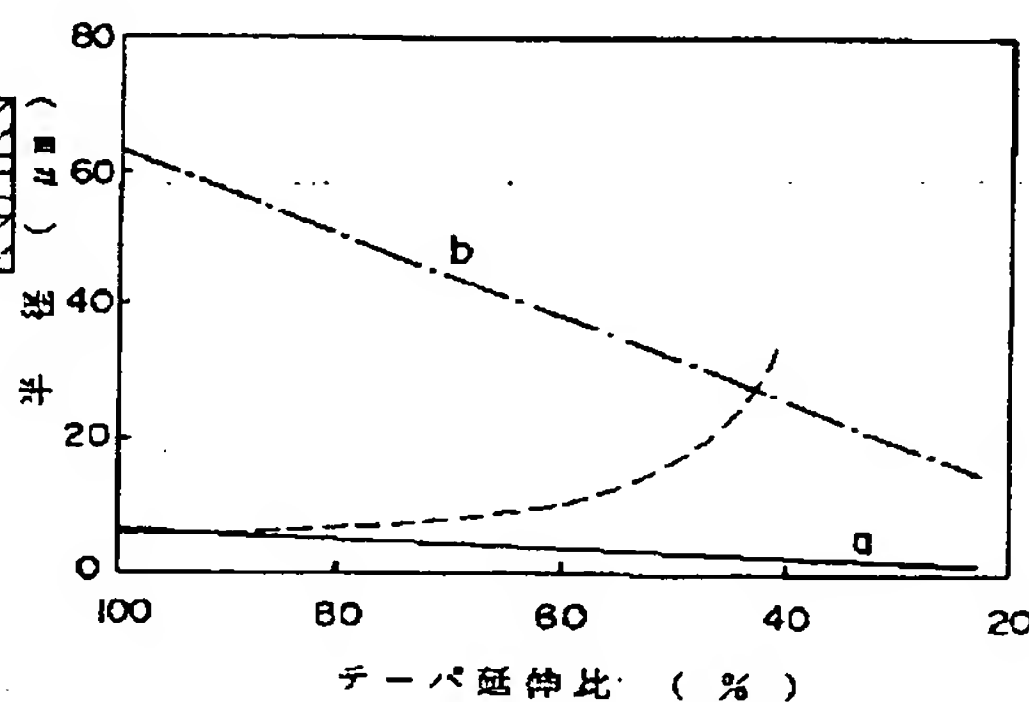
【図3】



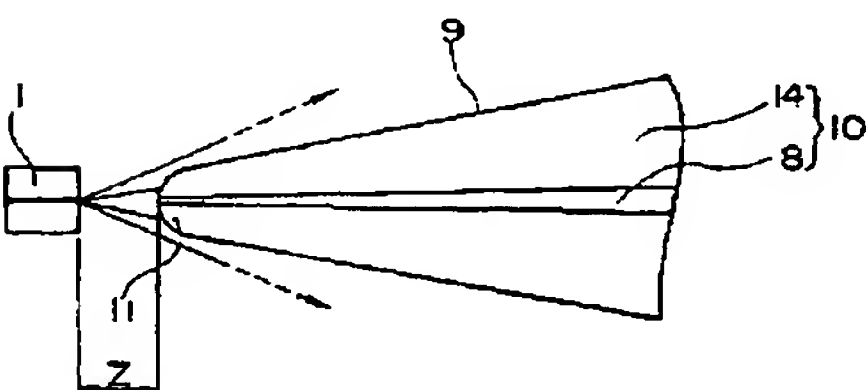
【図4】



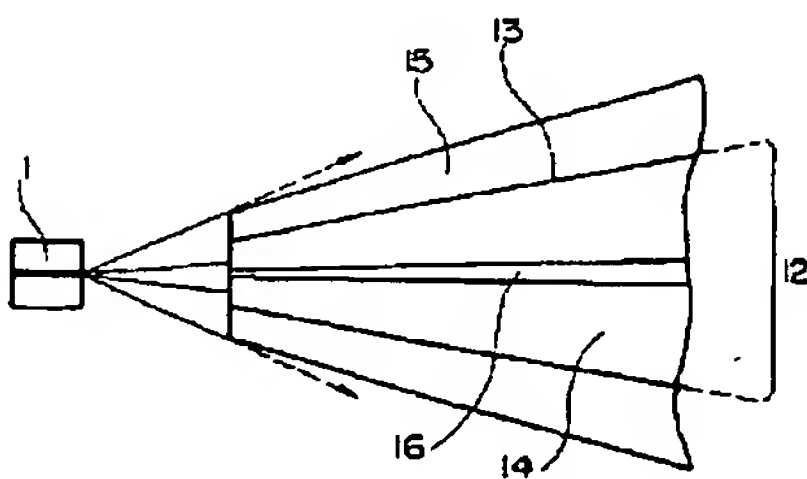
【図5】

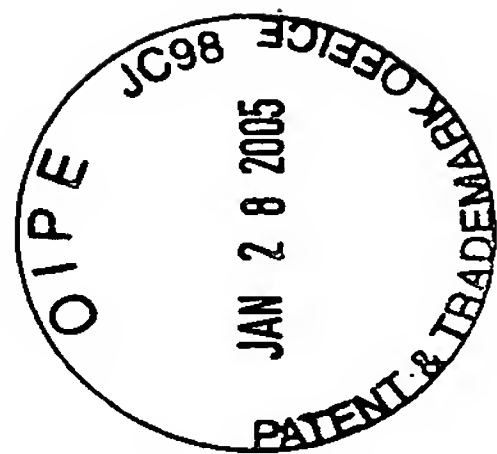


【図7】



【図8】





THIS PAGE BLANK (USPTO)